

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning documents *will not* correct images,
Please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.

Objective lens

Patent Number: ☐ US6124988
Publication date: 2000-09-26
Inventor(s): YANAGISAWA TAKUMA (JP); KOIKE KATSUHIRO (JP); OGASAWARA MASAKAZU (JP)
Applicant(s): PIONEER ELECTRONIC CORP (JP)
Requested Patent: ☐ JP11002759
Application Number: US19980096536 19980612
Priority Number(s): JP19970157233 19970613
IPC Classification: G02B13/18; G02B3/10; G11B7/00
EC Classification: G11B7/135F, G11B7/125D
Equivalents:

Abstract

An objective lens that allows spherical aberration to be suppressed during the reproduction of a CD without sacrificing reproduction characteristics of a DVD, has a first numerical aperture comprising a refracting surface that is in rotatory symmetry about an optical axis. A part of the refracting surface is displaced along the optical axis as an annular concave (or convex) portion centered on the optical axis. The annular concave (or convex) portion has a certain inner diameter r_1 and a certain outer diameter r_2 that reduce RMS aberration V to a value close to a minimum value. The annular portion has a certain depth (or height).

Data supplied from the esp@cenet database - I2

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-2759

(43) 公開日 平成11年(1999) 1月6日

(51) Int.Cl.⁶

識別記号

F I

G 0 2 B 13/00

G 0 2 B 13/00

G 1 1 B 7/135

G 1 1 B 7/135

A

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平9-157233

(22) 出願日 平成9年(1997) 6月13日

(71) 出願人 000005016

バイオニア株式会社

東京都目黒区目黒1丁目4番1号

(72) 発明者 柳澤 琢磨

埼玉県鶴ヶ島市富士見6丁目1番1号バイオ

ニア株式会社総合研究所内

(72) 発明者 小池 克宏

埼玉県鶴ヶ島市富士見6丁目1番1号バイオ

ニア株式会社総合研究所内

(72) 発明者 小笠原 昌和

埼玉県鶴ヶ島市富士見6丁目1番1号バイオ

ニア株式会社総合研究所内

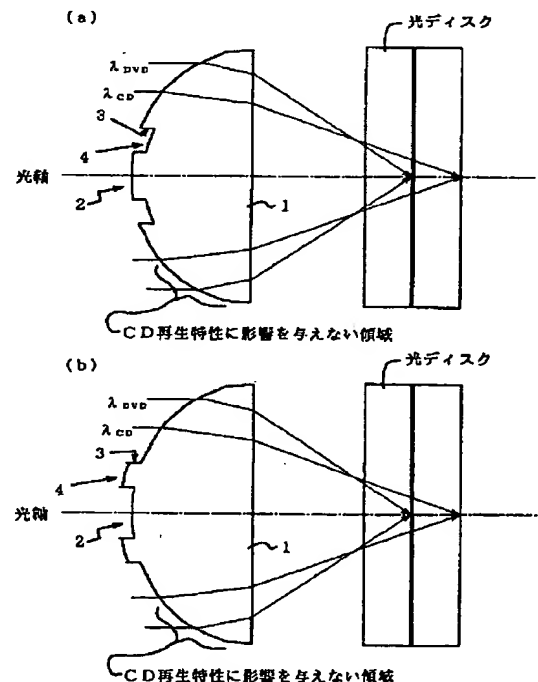
(74) 代理人 弁理士 藤村 元彦

(54) 【発明の名称】 対物レンズ

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 DVD再生特性を犠牲にすることなくCD再生時の球面収差を抑制できる対物レンズを提供する。

【解決手段】 光軸に回転対称の屈折表面2を有する第1開口数の集光用対物レンズ1であって、屈折表面2の一部が光軸を中心とした輪帯状凹部(又は凸部)3として光軸に沿って変移し、輪帯状凹部(又は凸部)3は、RMS収差Vが極小値近傍の値となる特定の内径 r_1 及び外径 r_2 を有し、さらに、輪帯状部は特定の深さ(又は高さ)を有する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 光軸に回転対称の屈折表面を有する第 1 開口数の集光用対物レンズであって、前記屈折表面の一部が前記光軸を中心とした輪帯状凹部（又は凸部）とし

て前記光軸に沿って変移し、前記輪帯状凹部（又は凸部）は、下記式

【数 1】

$$V(r_1, r_2, A_{63}, \Delta l, C) = \sqrt{2} \int_0^1 (W(r) + C)^2 r dr + 2 \int_{r_1}^{r_2} \{2\Delta l (W(r) + C) + \Delta l^2\} r dr$$

$$W(r) = A_{63}(20r^6 - 30r^4 + 12r^2 - 1) + A_{42}(6r^4 - 6r^2 + 1) + A_{21}(2r^2 - 1)$$

（式中、 r が前記光軸からの半径、 A_{63} が 5 次球面収差係数、 A_{42} が 3 次球面収差係数、 A_{21} がデフォーカス収差係数、 C が波面オフセット、 Δl が $\Delta h / (n-1)$ 、 Δh が前記輪帯状凹部（又は凸部）の深さ（又は高さ）、 n が対物レンズ材料の屈折率、 r_1 が NA_{in} / NA_0 、 r_2 が NA_{out} / NA_0 、 NA_0 が前記第 1 開口数より小なる有効開口数に対応する第 2 開口数領域の直径、 NA_{out} が前記輪帯状凹部（又は凸部）の外径開口数に対応する領域の直径、 NA_{in} が前記輪帯状凹部（又は凸部）の内径開口数に対応する領域の直径を表わす）を満たす RMS 収差 V が、 $V dV/d$

$$\Delta l = [A_{42}\{1 + 2r_1^4 - 3r_2^2 + 2r_2^4 + r_1^2(-3 + 2r_2^2)\} + A_{63}\{-1 + 5r_1^6 + 6r_2^2 - 10r_2^4 + 5r_2^6 + r_1^4(-10 + 5r_2^2) + r_1^2(6 - 10r_2^2 + 5r_2^4)\}]/\{-1 - 3r_1^6 + 4r_2^2 - 6r_2^4 + 3r_2^6 + r_1^4(6 - 3r_2^2) + r_1^2(-4 + 3r_2^4)\}$$

から求め、得られた Δl を Δl_{best} とし、前記 Δl_{best} に基づいて、絶対値 $|N_1 \lambda_{DVD} - (N_2 \lambda_{CD} + \Delta l_{best})|$ （式中、 λ_{DVD} が第 1 波長、 λ_{CD} は前記第 1 波長より長い波長を表わす）が微小になるように整数 N_1 、 N_2 を求め、得られた前記整数 N_1 、 N_2 に基づいて、

【外 1】

$$\frac{N_1 \lambda_{DVD}}{n-1} \text{ と } \frac{N_2 \lambda_{CD} + \Delta l_{best}}{n-1}$$

（式中、何れの n も対物レンズ材料の屈折率を表わす）の間の値に設定した Δh を有することを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の対物レンズ。

【請求項 4】 前記絶対値 $|N_1 \lambda_{DVD} - (N_2 \lambda_{CD} + \Delta l_{best})|$ が $0.15 \lambda_{DVD}$ 以下であることを特徴とする請求項 3 記載の対物レンズ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光学式記録再生装置における光ピックアップの光学系に用いられる対物レンズに関する。

【0002】

【従来の技術】光学式記録再生装置には、光記録媒体のいわゆる LD (laser disc)、CD (compact disc)、DVD (digital video disc) 等の光ディスクから記録情報を読み取る光学式ディスクプレーヤがある。また、これら複数の種類の光ディスクから情報を読み取るコンパチブルディスクプレーヤもある。

【0003】そのコンパチブルディスクプレーヤにおい

(A_{21}) = 0、 $dV/d(\Delta l)$ = 0、 dV/dC = 0 のとき、極小値近傍の値となる r_1 及び r_2 を有することを特徴とする対物レンズ。

【請求項 2】 前記 r_1 は 0.27 ~ 0.55 でかつ前記 r_2 は 0.85 ~ 0.96 であることを特徴とする請求項 1 記載の対物レンズ。

【請求項 3】 前記 r_1 及び r_2 に基づいて、 Δl を下記式

【数 2】

ても光ピックアップは、光ビームを光ディスクへ照射し、光ディスクからの戻り光を読み取る光学系を有している。光情報記録媒体のこれら光ディスクでは、開口数 NA、基板厚さ、最適読取光波長など異なる仕様で設計されている。従って、LD/CD/DVD コンパチブルプレーヤの光ピックアップを実現するためには、最低限上記開口数 NA 及び基板厚さの 2 つの違いを補正する必要がある。それぞれ、CD 開口数及び DVD 開口数は、0.45 及び 0.6 で、CD 基板厚及び DVD 基板厚は、1.2 及び 0.61 mm である。

【0004】DVD 用対物レンズで CD を再生しようとすると基板の厚みが違うため球面収差が発生する。この収差を補正するためにホログラムを用いた 2 焦点対物レンズを用いたり、DVD と CD との読み取り時において焦点距離の異なる 2 つの対物レンズを切り替えたりしている。ホログラムを用いた 2 焦点対物レンズは製造が難しく、また光量ロスが生じる。また、対物レンズ切替方式はピックアップ自体が大きくなりコストもかかる。

【0005】さらに、DVD 用の対物レンズの外周部を通った CD 用の光が収差の影響を受け集光できないので当該対物レンズのみで CD を読み出すのは難しいけれども、対物レンズの中心から環状の切り欠きマスクを形成して、レンズ中央部と外周との中間部分の光をマスクしたのも開発されている。対物レンズの最外周近くの通過光は、収差の影響を大きく受け光検出器に入射せず、再生信号の雑音にはならないし、一方、レンズ中央部の通過光は、収差の影響を受けにくいので、問題になる最

外周と中央部の中間部分を通る光を遮光するのである。

【0006】しかしながら、かかる切欠マスク方式によっても、DVDとCDのディスクの厚みによる球面収差の発生を防止することができない。さらに光の利用効率低下する。すなわち、DVD用対物レンズでCDを再生しようとする、両者のディスク厚みの差(0.6mm)により、球面収差が発生してしまう。球面収差が大きいほど再生特性は悪化する傾向にある。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】本発明は上記問題に鑑み、特定の輪帯状部を形成することでDVDの再生特性

$$V(r_1, r_2, A_{21}, \Delta l, C) = \sqrt{2 \int_0^1 (W(r) + C)^2 r dr + 2 \int_{r_1}^{r_2} \{2\Delta l (W(r) + C) + \Delta l^2\} r dr}$$

$$W(r) = A_{63}(20r^6 - 30r^4 + 12r^2 - 1) + A_{42}(6r^4 - 6r^2 + 1) + A_{21}(2r^2 - 1)$$

【0010】(式中、 r が前記光軸からの半径、 A_{63} が5次球面収差係数、 A_{42} が3次球面収差係数、 A_{21} がデフォーカス収差係数、 C が波面オフセット、 Δl が $\Delta h/(n-1)$ 、 Δh が前記輪帯状凹部(又は凸部)の深さ(又は高さ)、 n が対物レンズ材料の屈折率、 r_1 が NA_{in}/NA_0 、 r_2 が NA_{out}/NA_0 、 NA_0 が前記第1開口数より小なる有効開口数に対応する第2開口数領域の直径、 NA_{out} が前記輪帯状凹部(又は凸部)の外径開口数に対応する領域の直径、 NA_{in} が前記輪帯状凹部(又は凸部)の内径開口数に対応する領域の直径を表わす)を満たすRMS収

$$\Delta l = [A_{42}\{1 + 2r_1^4 - 3r_2^2 + 2r_2^4 + r_1^2(-3 + 2r_2^2)\}$$

$$+ A_{63}\{-1 + 5r_1^6 + 6r_2^2 - 10r_2^4 + 5r_2^6 + r_1^4(-10 + 5r_2^2) + r_1^2(6 - 10r_2^2 + 5r_2^4)\}]/$$

$$\{-1 - 3r_1^6 + 4r_2^2 - 6r_2^4 + 3r_2^6 + r_1^4(6 - 3r_2^2) + r_1^2(-4 + 3r_2^4)\}$$

【0013】から求め、得られた Δl を Δl_{best} とし、前記 Δl_{best} に基づいて、絶対値 $|N_1\lambda_{DVD} - (N_2\lambda_{CD} + \Delta l_{best})|$ (式中、 λ_{DVD} が第1波長、 λ_{CD} は前記第1波長より長い波長を表わす)が微小になるように整数 N_1 、 N_2 を求め、得られた前記整数 N_1 、 N_2 に基づいて、

【0014】

【外2】

$$\frac{N_1 \lambda_{DVD}}{n-1} \text{ と } \frac{N_2 \lambda_{CD} + \Delta l_{best}}{n-1}$$

【0015】(式中、何れの n も対物レンズ材料の屈折率を表わす)の間の値に設定した Δh を有することを特徴とする。本発明の対物レンズにおいては、前記絶対値 $|N_1\lambda_{DVD} - (N_2\lambda_{CD} + \Delta l_{best})|$ が $0.15\lambda_{DVD}$ 以下であることを特徴とする。本発明によれば、基本的レンズ形状はDVD用の対物レンズであるが、輪帯状の凹部(又は凸部)を形成することで、DVDの再生特性を犠牲にすることなく、CD再生時の球面収差を抑制できる対物レンズが得られる。さらに、この対物レンズは、コスト、ピックアップサイズ、製造難易度の全ての

を犠牲にすることなく、CD再生時の球面収差を抑制できる対物レンズを提供することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】本発明の対物レンズは、光軸に回転対称の屈折表面を有する第1開口数の集光用対物レンズであって、前記屈折表面の一部が前記光軸を中心とした輪帯状凹部(又は凸部)として前記光軸に沿って変移し、前記輪帯状凹部(又は凸部)は、下記式

【0009】

【数3】

差 V が、 $VdV/d(A_{21})=0$ 、 $dV/d(\Delta l)=0$ 、 $dV/dC=0$ のとき、極小値近傍の値となる r_1 及び r_2 を有することを特徴とする。

【0011】本発明の対物レンズにおいては、前記 r_1 は $0.27 \sim 0.55$ でかつ前記 r_2 は $0.85 \sim 0.96$ であることを特徴とする。本発明の対物レンズにおいては、前記 r_1 及び r_2 に基づいて、 Δl を下記式

【0012】

【数4】

点で有利である。

【0016】

【発明の実施の形態】図1に本発明の対物レンズを示す。図1(a)の実施例の対物レンズ1は、光軸に回転対称のDVD用の屈折表面2を有し、屈折表面に光軸を中心とした輪帯状凹部3を有する集光用凸レンズとして、輪帯状凹部の底部4が屈折表面から平行移動した表面、例えば、屈折表面2と同一の曲率半径を有する屈折表面、を有する。図1(b)の実施例の対物レンズ1は、光軸に回転対称の屈折表面2を有し、屈折表面に光軸を中心とした輪帯状凸部3を有する集光用凸レンズとして、輪帯状凸部の上面部4が屈折表面から平行移動した表面を有する。また、屈折表面2がDVD用の対物レンズ用として非球面に設計される場合、底部(又は上面部)4は平行移動した同様の非球面表面である。輪帯状凹部(又は凸部)3は深さ(又は高さ) Δh を有している。実施例は2波長タイプの互換再生を考慮しており、DVD再生時は波長 $\lambda_{DVD}=650\text{nm}$ 、CD再生時は波長 $\lambda_{CD}=780\text{nm}$ のレーザ光が用いられる。輪帯状凹部(又は凸部)3はエッチングなどで一様に形成でき、

また、ガラスレンズ体表面に2Pなど薄膜転写などで凸部や凹部周囲を一様に形成できる。

【0017】図2のように、実施例の対物レンズ1は、DVD用波長 $\lambda_{DVD}=650nm$ で全体として開口数 $NA_{DVD}=0.6$ に対応する領域の直径の屈折表面2を有している。図では、各領域の直径を開口数として示している。すなわち、 NA_0 はCDの再生特性に影響を与える有効開口数に対応する領域の直径、 NA_{out} は輪帯状凹部（又は凸部）の外径開口数に対応する領域の直径、 NA_{in} は輪帯状凹部（又は凸部）の内径開口数に対応する領域の直径である。従って、輪帯状凹部（又は凸部）における、光軸からの内径段部までの内半径 r_1 及び外径段部までの外半径 r_2 は、それぞれ NA_{in}/NA_0 及び NA_{out}/NA_0 の割合で表わされる。

【0018】一般にDVD用対物レンズでCDを再生す

$$W(r) = A_{63}(20r^6 - 30r^4 + 12r^2 - 1) + A_{42}(6r^4 - 6r^2 + 1) + A_{21}(2r^2 - 1)$$

【0021】但し、 r は光軸からのレンズ半径、 A_{63} 、 A_{42} 及び A_{21} はそれぞれ5次球面収差係数、3次球面収差係数及びデフォーカス収差係数を表す。ここで、凹部又は凸部状輪帯の内半径を $r_1 (=NA_{in}/NA_0)$ 、外半径を $r_2 (=NA_{out}/NA_0)$ とし、凹部又は凸部による光路

$$\begin{aligned} V(r_1, r_2, A_{21}, \Delta l, C) &= \sqrt{\frac{\int_0^1 \int_0^{2\pi} (W(r) + \Delta l + C)^2 r dr d\theta}{\pi}} \\ &= \sqrt{2 \int_0^1 (W(r) + \Delta l + C)^2 r dr} \\ &= \sqrt{2 \int_0^1 (W(r) + C)^2 r dr + 2 \int_{r_1}^{r_2} \{2\Delta l(W(r) + C) + \Delta l^2\} r dr} \end{aligned}$$

【0023】但し、 C は波面オフセットである。つまりパラメータが5個(r_1 , r_2 , A_{21} , Δl , C)の最小値を検索をしなければならない。しかし、 $dV/d(A_{21})=0$ 、 $dV/d(\Delta l)=0$ 、 $dV/dC=0$ という条件を付加することにより、 $V(r_1, r_2, A_{21}, \Delta l, C)$ は r_1 と r_2 の2変数となり2次元での最適化が可能になる。そこで、DVD用対物レンズでCDを($\lambda_{CD}=780nm$)で再生した場合の収差量(rms)の変化を計算する。

【0024】計算された $r_1 (=NA_{in}/NA_0)$ 、 $r_2 (=NA_{out}/NA_0)$ に対するRMS収差 V を密度表示すると、図3のように示することができる。なお、図中の等深線における深さがRMS収差(図中紙面法線方向)を示している。図3に示すように、内半径 $r_1 (=NA_{in}/NA_0)$ は

$$\begin{aligned} \Delta l &= [A_{42} \{1 + 2r_1^4 - 3r_2^2 + 2r_2^4 + r_1^2(-3 + 2r_2^2)\} \\ &\quad + A_{63} \{-1 + 5r_1^6 + 6r_2^2 - 10r_2^4 + 5r_2^6 + r_1^4(-10 + 5r_2^2) + r_1^2(6 - 10r_1^2 + 5r_2^4)\}] / \\ &\quad \{-1 - 3r_1^6 + 4r_2^2 - 6r_2^4 + 3r_2^6 + r_1^4(6 - 3r_2^2) + r_1^2(-4 + 3r_2^4)\} \end{aligned}$$

【0027】上式に $r_1=0.43$ 、 $r_2=0.91$ を代入すると、RMS収差を最も小さくする凹部による光路長

る場合、対物レンズの外側を通る光線は大きくデフォーカスしているため再生特性に与える影響は小さい。従って、CD再生特性に影響を与える領域($NA \leq NA_0=0.45$ とする)のRMS収差量が小さくなるように、輪帯凹部の内径 NA_{in} 、外径 NA_{out} 及び深さ(又は高さ) Δh を解析的に求めた。但し、以下では簡単化のため、深さ(又は高さ) Δh によって生じる光路長差 Δl ($\Delta l = \Delta h/(n-1)$ 、但し、 n は対物レンズ材料の屈折率)をパラメータとして解析を行っている。

【0019】一般に球面収差が存在する場合の最良像点での収差 $W(r)$ はツェルニケ収差多項式を用いて次式で計算できる。

【0020】

【数5】

長差を Δl (λ)すると、その時のRMS収差 V は次式で求められる。

【0022】

【数6】

0.27~0.55、最良で0.43であり、外半径 $r_2 (=NA_{out}/NA_0)$ は好ましくは0.85~0.96、最良で0.91であることがわかる。但し、 NA_0 はCD再生特性に影響を与える有効開口数である。

【0025】この最適な輪帯の内径 $r_1 (=NA_{in}/NA_0)=0.43$ と外径 $r_2 (=NA_{out}/NA_0)=0.91$ を用いた場合における Δl に対するRMS収差を計算した。凹部又は凸部状輪帯の内径を $r_1 (=NA_{in}/NA_0)$ 、外径を $r_2 (=NA_{out}/NA_0)$ とした場合、RMS収差を最も小さくする凹部による光路長差 Δl (λ)は次式から求められる。

【0026】

【数7】

差 Δl_{best} は、次のように書ける。

【0028】

【数8】 $\Delta l_{best} = 0.8216A_{42} + 0.01697A_{63}$
 但し A_{42} 及び A_{63} はそれぞれ3次球面収差係数及び5次球面収差係数を表す。図4に示すように $\Delta l_{best} =$ 約 0.26λ ($=0.20\mu m$) にすることで、輪帯がない場合 ($\Delta l = 0.0$ の時) の収差量 0.142λ (rms) を 0.068λ (rms) まで小さくすることができる。なお、このとき $\lambda = \lambda_{CD} = 780nm$ 。

【0029】光の性質から、輪帯の高さは $\Delta l_{best} + n\lambda$ であっても構わない (但し n は整数)。これを利用するとDVDの再生特性をほとんど劣化させずにCDの再生特性を改善することができる。DVDとCDのStrehl比の比較を行って両ディスクにおいて良好な場合を求める。輪帯で発生させる光路長差を変化させると、図5のようにDVDとCDのStrehl比のピークがほぼ一致する点が幾つかあることがわかる。Strehl比とは、光学系によって形成されるスポットの品位を評価する指標で、光学系が無収差の場合に値が1で最も大きく、収差の増加に伴いその値は小さくなる。基本的にDVD用として設計されているので、DVDの曲線はそのあるピークを始点に輪帯があっても $\lambda_{DVD} = 650nm$ 毎にピークが現れるが、CDの曲線はそれからずれて、 $\lambda_{CD} = 780nm$ 毎に低いピークが現れる。

【0030】良好な再生特性を得るためには、Strehl比を0.8以上にすることが必要。図5からわかるように、例えば光路長差が $-0.62\mu m$ の時両ピークが近接するので、この値での各ディスクでの収差量をStrehl比から計算したところ、下記表1のようにDVDで収差が十分におさえられており、かつCDでもMarechal限界 (0.07λ) 以下におさえられていることがわかった。

【0031】

【表1】

	DVD	CD
Strehl比	0.9839	0.8335
OPD(RMS)	0.020λ	0.065λ
開口数	0.6	0.45

【0032】図5からわかるように、DVDとCDの両方で良好なStrehl比が得られる輪帯部分の光路長差 Δl を解析的に求めるには、Strehl比を0.8以上にすることが必要があるので、図5のDVDの曲線における各ピークのStrehl比0.8以上が得られる半幅値、即ち 0.15λ DVDと、得られている Δl_{best} とを用い、次式

【0033】

【数9】

$|N_1\lambda_{DVD} - (N_2\lambda_{CD} + \Delta l_{best})| < 0.15\lambda_{DVD}$
 (ただし、 $\lambda_{DVD} = 650nm$, $\lambda_{CD} = 780nm$) と
 なるように、好ましくは上記不等式の左辺の絶対値 $|N_1\lambda_{DVD} - (N_2\lambda_{CD} + \Delta l_{best})|$ が微小すなわち略零になるように、整数 N_1 と N_2 を求めて、得られた整数 N_1 と N_2 に基づいて、次式

【0034】

【数10】

$$\Delta l = \frac{N_1\lambda_{DVD}}{2} + \frac{N_2\lambda_{CD} + \Delta l_{best}}{2}$$

【0035】(ただし、 Δl_{best} はCDでの収差を最小にする値) から、 Δl の平均を求めて、DVDとCDの両方で妥協できる Δl をとればよい。ただし、条件によっては平均を取る際に重みづけをしてもよい。すなわち、整数 N_1 と N_2 に基づいて、輪帯状凹部 (又は凸部) の深さ (又は高さ) Δh は、

【0036】

【外3】

$$\frac{N_1\lambda_{DVD}}{n-1} \text{ と } \frac{N_2\lambda_{CD} + \Delta l_{best}}{n-1}$$

【0037】の間にあれば、基本的レンズ形状の屈折表面がDVD用対物レンズであり、輪帯状の凹部 (又は凸部) 部分を形成することでDVDの再生特性を犠牲にすることなく、CD再生時の球面収差を抑制できる対物レンズを得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明による実施例の対物レンズの概略断面図である。

【図2】 本発明による実施例の対物レンズの概略正面図である。

【図3】 本発明による実施例の対物レンズの輪帯凹又は凸部縁部の内半径 r_1 ($=NA_{in}/NA_0$) 及び外半径 r_2 ($=NA_{out}/NA_0$) に対する収差量の分布を示すグラフである。

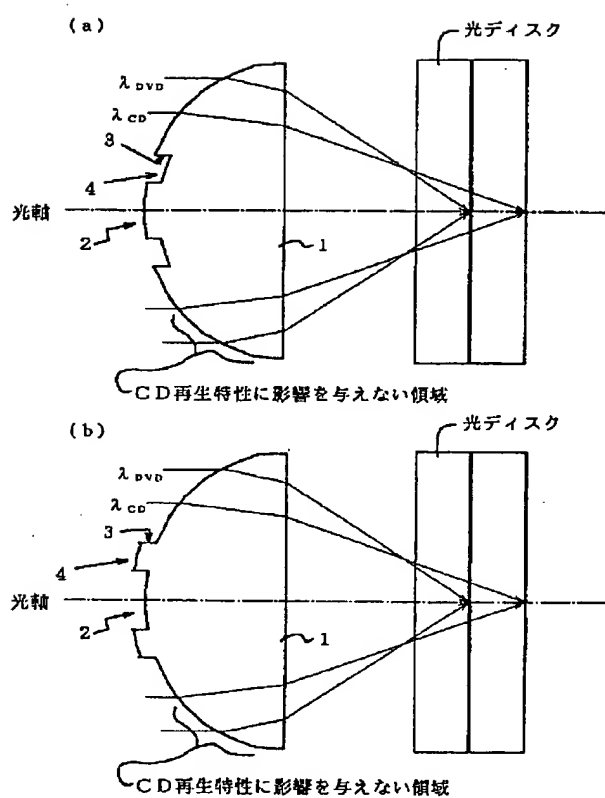
【図4】 本発明による実施例の対物レンズの輪帯凹又は凸部の光路差 Δl に対するRMS収差を示すグラフである。

【図5】 本発明による実施例の対物レンズの輪帯凹又は凸部の光路差 Δl に対するStrehl比を示すグラフである。

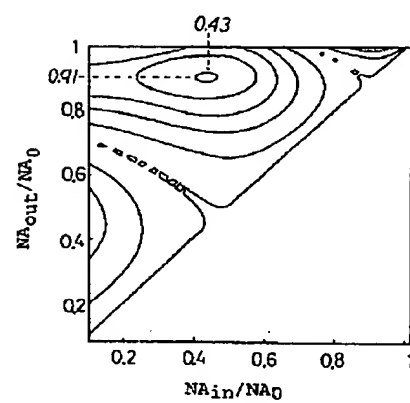
【符号の説明】

- 1 対物レンズ
- 2 屈折表面
- 3 輪帯凹又は凸部
- 4 輪帯凹部底面又は凸部上面

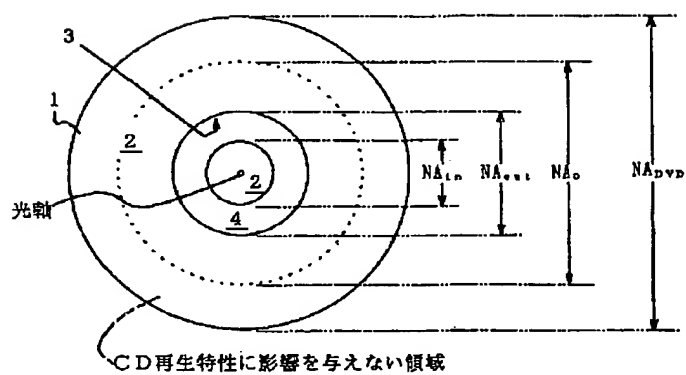
【図 1】



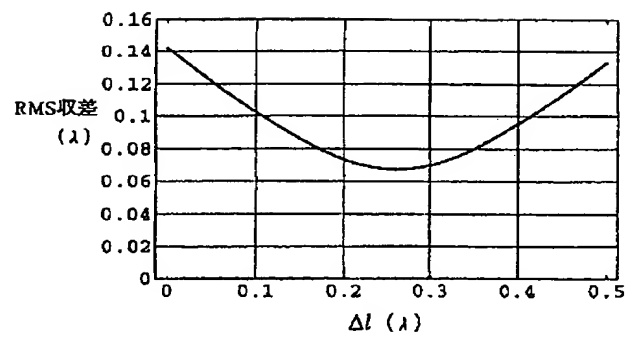
【図 3】



【図 2】



【図 4】



【図 5】

